

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|
| 東京工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                      | 開講年度 | 平成30年度 (2018年度)                                                                          |                                                                       | 授業科目                                                                 | 物性物理 |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0023                                                                                                                 |      | 科目区分                                                                                     | 専門 / 選択                                                               |                                                                      |      |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 講義                                                                                                                   |      | 単位の種別と単位数                                                                                | 履修単位: 2                                                               |                                                                      |      |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 電気電子工学専攻                                                                                                             |      | 対象学年                                                                                     | 専1                                                                    |                                                                      |      |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 後期                                                                                                                   |      | 週時間数                                                                                     | 4                                                                     |                                                                      |      |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 特になし 必要に応じてプリント等を配布する                                                                                                |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 大野 秀樹                                                                                                                |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| <p>この授業を通じて、現象の物理的な見方、考え方を身につけて自然現象を系統的、論理的に考えていく力を養っていく。</p> <p>本講義では、物性物理の基本的な事項について学ぶ。結晶構造と量子力学の基礎、バンド理論の概説に触れ、次のような到達目標を設定する。</p> <p>【1】ブラペー格子、逆格子空間、逆格子ベクトル、ミラー指数、ブラッグの条件についてその概要を説明でき、関連する基本的な計算ができる。</p> <p>【2】定常状態のシュレディンガー方程式（無限に深い1次元の井戸型ポテンシャル中）、物理量の期待値、2乗ゆらぎ等について基本的な計算とその意味が理解できる。</p> <p>【3】円環状における自由電子、周期的ポテンシャル中の電子について、それら電子の取り得るエネルギーの違いについて基本的な事が理解できる。また、それに関する基本的な計算ができる。</p> |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| ルーブリック                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 理想的な到達レベルの目安                                                                                                         |      | 標準的な到達レベルの目安                                                                             | 到達レベルの目安(可)                                                           | 未到達レベルの目安                                                            |      |
| 評価項目1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ブラペー格子、逆格子空間、逆格子ベクトル、ミラー指数、ブラッグの条件についてその概要を説明でき、関連する基本的な計算ができる。                                                      |      | ブラペー格子、逆格子空間、逆格子ベクトル、ミラー指数、ブラッグの条件についてその基本とつながりを説明できる。                                   | ブラペー格子、逆格子空間、逆格子ベクトル、ミラー指数、ブラッグの条件についてその基本を説明できる。                     | ブラペー格子、逆格子空間、逆格子ベクトル、ミラー指数、ブラッグの条件についてその基本を説明できない。                   |      |
| 評価項目2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 定常状態のシュレディンガー方程式（無限に深い1次元の井戸型ポテンシャル中）、物理量の期待値、2乗ゆらぎ等について基本的な計算とその意味が理解できる。                                           |      | 定常状態のシュレディンガー方程式（無限に深い1次元の井戸型ポテンシャル中）、物理量の期待値、2乗ゆらぎ等について基本的な計算ができる。                      | 定常状態のシュレディンガー方程式（無限に深い1次元の井戸型ポテンシャル中）、物理量の期待値、2乗ゆらぎ等について基礎的な説明ができる。   | 定常状態のシュレディンガー方程式（無限に深い1次元の井戸型ポテンシャル中）、物理量の期待値、2乗ゆらぎ等について基礎的な説明ができない。 |      |
| 評価項目3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 円環状における自由電子、周期的ポテンシャル中の電子について、それら電子の取り得るエネルギーについて、基礎的な計算ができる。また、その計算結果から電子の取り得るエネルギーの違いがわかり、エネルギーバンドがどのようにできるか理解できる。 |      | 円環状における自由電子、周期的ポテンシャル中の電子について、それら電子の取り得るエネルギーについて、基礎的な計算ができ、その計算結果から電子の取り得るエネルギーの違いがわかる。 | 円環状における自由電子、周期的ポテンシャル中の電子について、それら電子の取り得るエネルギーについて、基礎的な説明ができる。         | 円環状における自由電子、周期的ポテンシャル中の電子について、それら電子の取り得るエネルギーについて、基礎的な説明ができない。       |      |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| JABEE (c) JABEE (d)<br>学習・教育目標 C5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 物性物理の基本的な事項「結晶構造の基礎」と「量子力学の基礎」について理解し、電子線回折やX線回折の簡単な実験データを解析ができるようになること、バンド理論の概要が理解できるようになることが目標である。                 |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 主に講義形式で行うとともに、課題を課す。                                                                                                 |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 評価割合の項目別では、それぞれ以下の評価が行われる。<br>「試験」は1回行われる定期試験の成績である。<br>「ポートフォリオ」は課題レポートの成績である。                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
| 授業計画                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                      |      |                                                                                          |                                                                       |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 週    | 授業内容                                                                                     | 週ごとの到達目標                                                              |                                                                      |      |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3rdQ                                                                                                                 | 1週   | ガイダンス<br>結晶と前期量子論                                                                        | 結晶の概念と前期量子論について理解できる。                                                 |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 2週   | ブラペー格子、空間格子と並進ベクトル、ミラー指数                                                                 | ブラペー格子について知る。立方晶系については、並進ベクトルやミラー指数について求められる。                         |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 3週   | 空間格子と逆格子空間、逆格子ベクトル                                                                       | 逆格子空間を理解し、立方晶系について、その逆格子ベクトルを求めることができる。                               |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 4週   | 逆格子とX線、電子線回折との関係、ブラッグの条件                                                                 | 逆格子空間を用いて、結晶の回折条件を導き出せる。                                              |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 5週   | X線回折・電子線回折実験データの解釈                                                                       | 4週までに学んだことを用いて、X線回折・電子線回折の実験データ解析を行う。                                 |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 6週   | シュレディンガー方程式の導出                                                                           | シュレディンガー方程式の導出ができる。。                                                  |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 7週   | 無限に深い1次元の井戸型ポテンシャルに捕らわれた自由電子①                                                            | シュレディンガー方程式を用いて、波動関数や電子のエネルギーを求めるとともに、その物理的解釈ができる。シュレディンガー方程式の導出ができる。 |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 8週   | 無限に深い1次元の井戸型ポテンシャルに捕らわれた自由電子②                                                            | シュレディンガー方程式を用いて、波位置、エネルギー、運動量の期待値と2乗ゆらぎを求めるとともに、その物理的解釈ができる。          |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4thQ                                                                                                                 | 9週   | 無限に深い1次元の井戸型ポテンシャルに捕らわれた自由電子③                                                            | シュレディンガー方程式を用いて、波位置、エネルギー、運動量の期待値と2乗ゆらぎを求めるとともに、その物理的解釈ができる。          |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 10週  | 円環上での自由電子                                                                                | 円環上での自由電子の波動関数や電子がもつエネルギーを求められる。                                      |                                                                      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                      | 11週  | 周期的なポテンシャルを持つ円環上での電子                                                                     | ブロッホの定理を理解し、周期的なポテンシャルを持つ円環上での電子の波動関数を表すことができる。                       |                                                                      |      |

|  |  |     |                        |                                                                   |
|--|--|-----|------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|  |  | 12週 | クローニツヒ・ペニーのポテンシャル中での電子 | ブロッホの定理とクローニツヒ・ペニーのポテンシャルを用いることで、周期的ポテンシャル中の波動関数、エネルギーに関する計算ができる。 |
|  |  | 13週 | エネルギーバンド               | 前週にひきつづき計算を行い、エネルギーをバンドがどのようにできるかが分かる。                            |
|  |  | 14週 | 試験                     |                                                                   |
|  |  | 15週 | 本科目のまとめ                | 試験の解説、本授業のまとめ                                                     |
|  |  | 16週 |                        |                                                                   |

#### モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標

| 分類    |      | 分野   | 学習内容 | 学習内容の到達目標                            | 到達レベル | 授業週       |
|-------|------|------|------|--------------------------------------|-------|-----------|
| 基礎的能力 | 自然科学 | 物理   | 力学   | 物体の運動エネルギーに関する計算ができる。                | 3     | 後4,後10    |
|       |      |      |      | 重力による位置エネルギーに関する計算ができる。              | 3     | 後4,後10    |
|       |      |      |      | 弾性力による位置エネルギーに関する計算ができる。             | 3     | 後4        |
|       |      |      |      | 力学的エネルギー保存則を様々な物理量の計算に利用できる。         | 3     | 後5,後10    |
|       |      |      |      | 物体の質量と速度から運動量を求めることができる。             | 3     | 後1,後10    |
|       |      |      |      | 運動量の差が力積に等しいことを利用して、様々な物理量の計算ができる。   | 3     | 後1,後10    |
|       |      |      |      | 運動量保存則を様々な物理量の計算に利用できる。              | 3     | 後2,後10    |
|       |      |      |      | 周期、振動数など単振動を特徴づける諸量を求めることができる。       | 3     | 後14       |
|       |      |      |      | 単振動における変位、速度、加速度、力の関係を説明できる。         | 3     | 後14       |
|       |      |      |      | 等速円運動をする物体の速度、角速度、加速度、向心力に関する計算ができる。 | 3     | 後13       |
|       |      | 物理実験 | 物理実験 | 測定機器などの取り扱い方を理解し、基本的な操作を行うことができる。    | 3     | 後3,後11    |
|       |      |      |      | 安全を確保して、実験を行うことができる。                 | 3     | 後3,後11    |
|       |      |      |      | 実験報告書を決められた形式で作成できる。                 | 3     | 後3,後6,後11 |
|       |      |      |      | 力学に関する分野に関する実験に基づき、代表的な物理現象を説明できる。   | 3     | 後3,後11    |

#### 評価割合

|         | 試験 | 発表 | 相互評価 | 態度 | ポートフォリオ | その他 | 合計  |
|---------|----|----|------|----|---------|-----|-----|
| 総合評価割合  | 75 | 0  | 0    | 0  | 25      | 0   | 100 |
| 基礎的能力   | 75 | 0  | 0    | 0  | 25      | 0   | 100 |
| 専門的能力   | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |
| 分野横断的能力 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |